

Implementation of Multiple Sensor Data Fusion Algorithm for Fire Detection System

Jung Kyu Park*, Kihun Nam**

*Professor, Dept. of Computer Software Engineering, Changshin University, Gyeongsangnam-do, Korea

**Professor, Dept. of Fire and Disaster Preventing Engineering, Changshin University, Gyeongsangnam-do, Korea

[Abstract]

In this paper, we propose a prototype design and implementation of a fire detection algorithm using multiple sensors. The proposed topic detection system determines fire by applying rules based on data from multiple sensors. The fire takes about 3 to 5 minutes, which is the optimal time for fire detection. This means that timely identification of potential fires is important for fire management. However, current fire detection devices are very vulnerable to false alarms because they rely on a single sensor to detect smoke or heat. Recently, with the development of IoT technology, it is possible to integrate multiple sensors into a fire detector. In addition, the fire detector has been developed with a smart technology that can communicate with other objects and perform programmed tasks. The prototype was produced with a success rate of 90% and a false alarm rate of 10% based on 10 actual experiments.

▶ **Key words:** Fire Detection, Multi Sensors, Sensor Fusion, IoT, Prototype

[요 약]

본 연구에서는 다중 센서를 사용하여 화재 감지를 수행하는 알고리즘을 제안하고 시스템을 구현하였다. 제안하는 알고리즘은 다중 센서의 데이터를 기반으로 규칙을 적용하여 화재를 판정한다. 화재 발생은 약 3~5분의 시간이 걸리며 이 시간은 화재 감지의 최적 시간이다. 이는 잠재적 화재 발생을 적시에 식별하는 것이 화재 관리에 중요하다는 것을 의미한다. 국내의 경우 화재 국가 법령에 따라 대부분 건물에 화재경보기 설비를 장착하고 있다. 그러나 현재 사용하는 화재 감지 장치는 연기나 열을 감지하는 하나의 센서에 의존하기 때문에 허위 경보에 매우 취약하다. 최근에는 IoT의 기술 발달로 화재 감지기에 여러 개의 센서를 통합할 수 있다. 또한, 화재 감지기는 다른 물체와 통신을 할 수 있으며 프로그램된 작업을 수행할 수 있는 스마트 기술이 개발되었다. 제작된 프로토타입은 10건의 실제 실험을 기준으로 90%의 성공률과 10%의 거짓 경보율을 기록했다.

▶ **주제어:** 화재 감지, 다중 센서, 센서 조합, IoT, 프로토타입

-
- First Author: Jung Kyu Park, Corresponding Author: Kihun Nam
 - *Jung Kyu Park (jkpark@cs.ac.kr), Dept. of Computer Software Engineering, Changshin University
 - **Kihun Nam (khnams@cs.ac.kr), Dept. of Fire and Disaster Preventing Engineering, Changshin University
 - Received: 2020. 05. 11, Revised: 2020. 07. 10, Accepted: 2020. 07. 10.

I. Introduction

정보 통신 분야에서는 마이크로프로세서 (또는 CPU) 크기와 성능, 대용량 데이터에서 정보를 추출하는 것, 컴퓨터 시스템의 성능을 올리는 것, 시스템의 물리적 크기를 다루는 것과 같은 다양한 연구가 진행되고 있다. 인터넷에 연결되어 다양한 일을 수행할 수 있는 능력을 갖춘 저비용 마이크로 컨트롤러를 개발하는 동안에도 이 장치를 응용하여 더 많은 연구가 진행되었다. 마이크로 컨트롤러는 일반적으로 IoT(Internet of Things)로 약칭되는 "사물 인터넷" 개념의 핵심 구성 요소로 사용되고 있다[1,2]. 사물 인터넷(IoT)은 인터넷의 새로운 혁명으로 불리고 있다. IoT의 주요 목표는 어떤 경로/네트워크 및 어떤 서비스를 이상적으로 사용하는 모든 사람과 언제 어디서나 사물(객체)을 연결할 수 있도록 하는 것이다. 예를 들어 앞에서 언급한 사물은 차량, 냉장고, 도어락 등이 될 수 있다. 사물은 자신의 정보를 다른 사물들과 주고받으면서 새로운 정보를 습득하고 특정 상황에 따른 결정을 할 수 있다.

셀룰러 통신 (3/4/5G) 및 Bluetooth 기술을 사용하여 데이터 전송 기능을 갖춘 마이크로 컨트롤러와 센서가 통합되어 현재 IoT가 빠르게 성장하였다 [3]. IoT는 온도 조절 장치, 환기 장치 및 다양한 전기 기기를 제어하는 홈 오토메이션 시스템에서 주로 사용된다. 이러한 IoT 기능은 갑자기 발생하는 화재 발생 문제를 해결할 수 있도록 확장될 수 있다.

Fig. 1의 2009년부터 2018년까지 10년간 국내 화재통계를 보면 매년 4만 건 이상의 화재가 발생하는 것을 알 수 있다. 이중 주거시설인 단독주택, 공동주택, 기타주택(비닐하우스 등)의 화재 발생 건수가 가장 높으며 다양한 원인에 의해 화재가 발생하고 있다. 가장 일반적인 원인은 주방 조리기구, 전기 배선 결함, 어린이 불장난 등으로 분류할 수 있다. 2018년 화재통계를 보면 주거시설이 28.3%로 가장 많이 발생하였다. 주거시설의 화재를 세부적으로 보면 주방에서 29%, 침실에서 10.3%가 발생하였다[4]. 미국의 경우 2013~2017, 5년간 조리 장비가 주택 구조 화재의 주요 원인이었다[5]. 이와 같은 원인을 분석하면 주택에서 빠른 화재 감지가 필요한 것을 알 수 있다.

화재 감지 시스템의 목적은 화재에 대한 즉각적인 정보를 얻고 재산 피해를 최소화하는 것이다. 이렇게 하기 위해서는 화재 감지 시스템의 높은 신뢰성과 정확성이 있어야 가능하다. 그러나 많은 화재 감지 시스템이 거짓 경보(False alarm)가 높다는 문제를 가지고 있다. 이 이유는 대부분의 화재 감지기가 단일 센서를 사용하여 화재를 감

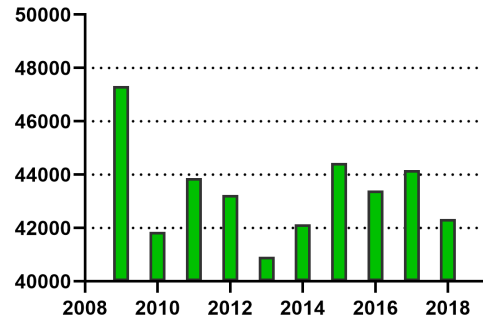


Fig. 1. Fire occurrence trend by year [6]

지하고 있어 화재를 잘못 판정하는 비율이 높기 때문이다. 스웨덴에서는 화재 감지기의 경보 비율을 조사하여 거짓 경보 비율이 85%, 실제 경보는 15%임을 분석하였다[6]. 본 연구에서는 IoT의 진화에 따라 다중 센서의 데이터를 조합하여 화재를 감지하는 알고리즘을 제안하고 이를 기반으로 프로토타입을 제작하여 알고리즘의 효율성을 검증하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 설명한다. 3장에서는 실험을 위한 시스템 디자인에 관해서 설명한다. 4장에서는 화재 감지기의 프로토타입 구현을 설명하고, 5장에서는 실험 결과를 설명한다. 그리고 마지막 6장에서 결론을 맺는다.

II. Related Works

1. Fire Occurrence and Behavior

탄소 기반 물질(연료)이 산소와 혼합되어 인화성 증기가 생성될 정도로 가열되는 화학적 반응을 불이라고 정의한다[7]. 생성된 증기는 점화되어 화재로 이어질 정도로 충분히 뜨거운 물체와 접촉하여 화재를 발생시킨다. 주거 지역에는 책, 옷, 가구, 가전제품 등이 화재의 연료가 될 수 있다. 또한, 주거 지역에는 열을 발생시킬 수 있는 발화원이 많이 존재하고 있다. 예를 들어 가스레인지, 전기 조명, 난방기, 에어컨 등을 들 수 있다.

점화원이 연료에 닿았을 때 화재가 발생할 수 있다. 접촉 후에 일반적인 돌발 화재는 연기를 발생시키면서 아주 느리게 시작된다. 화재의 초기 지속 시간은 연료 유형, 물리적 배열 및 가용 산소량 등의 다양한 요인에 따라 달라진다. 이때 열 발생이 증가하며 중간 정도의 연기가 발생한다. 이와 같은 초기 단계에 화재를 조기에 발견하면 (사람 또는 자동감지 장치) 화재 전문가의 대응을 통해 중대한 손실이 발생하기 전에 화재를 제어할 수 있다.

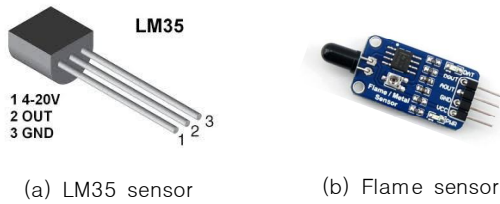


Fig. 2. Sensors for Temperature and Flame

2. Fire Alarm System

2.1 Smoke Detector

연기 감지기(smoke detector)는 연기를 감지하는 장치이며 일반적으로 화재의 지표로 사용된다[8]. 1965년 처음으로 배터리가 장착되어 쉽게 설치할 수 있는 가정용 연기 감지기가 제작되었다. 1980년에는 최초로 자동 화재 경보 시스템이 발명되었으며 최근의 연기 감지기에 많은 영향을 주었다.

NFPA (National Fire Protection Association)에서는 연기 감지기를 3가지(이온화 (ionization), 광전자 (photoelectric), 앞의 2개를 모두 이용한 방법)로 구분하고 있다. 일반적인 연기 감지기 내부에는 불빛을 생성하는 광센서와 불빛을 감지하는 포토센서가 장착된다. 두 센서는 직각 방향으로 배치되어 평소에는 포토센서에서 불빛을 감지하지 못한다. 화재 발생 시 연기가 감지기 내부로 유입되어 광센서의 빛을 굴절시켜 포토센서가 빛을 감지하여 연기의 유입을 확인하게 된다.

2.2 Temperature Sensor

온도 센서는 온도 또는 열을 측정하는 가장 일반적인 센서이다. 온도 센서는 접촉식 또는 비접촉식 두 가지로 분류할 수 있다. 접촉식 온도 센서는 고체 또는 액체와 같은 실제 물체에 접촉하여 온도를 측정한다. 비접촉 센서는 온도 변화를 모니터링하기 위해 복사(radiation) 및 대류(convection)를 이용한다.

본 연구에서는 Fig. 2(a)의 비접촉 온도 센서인 LM35를 사용하였다. LM35 온도 센서는 트랜지스터를 사용하여 동작 환경의 온도를 측정한다. LM35 센서는 $-55\sim 150^{\circ}\text{C}$ 범위 측정이 가능하다. 온도 센서는 섭씨온도($^{\circ}\text{C}$)에 따라 아날로그 전압을 출력한다. 온도 1°C 당 10mV의 정밀도를 가지고 있고 사용이 쉽기 때문에 아두이노 및 라즈베리 파이 등의 임베디드 보드와 함께 활용되고 있다.

2.3 Flame Sensor

Fig. 2(b)의 화염 센서는 주로 단거리 내 화재 감지에 사용된다. 이 센서의 기본 원리는 760nm~1100nm의 적

외선 파장에 대한 감도를 측정하는 것이다[9]. 이 센서의 문제점은 특정 상황에서 거짓 경보를 발생시킨다는 것이다. 예를 들어 햇빛과 같은 적외선 광원에 의해 영향을 받아 화재로 오인하는 문제가 발생할 수 있다.

2.4 Proposed System

단일 센서를 사용하는 화재 감지기는 사용하는 센서에 따라 특정 조건을 만족해 화재를 감지하기 때문에 다양한 환경에서 사용하기 힘들다는 문제를 가지고 있다. 이런 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 다양한 센서를 사용하여 화재를 감지하기 위한 모델을 제시하고자 한다.

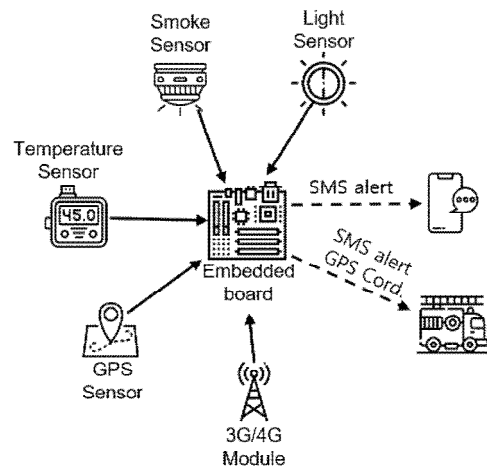


Fig. 3. Conceptual model of proposed system

Fig. 3은 논문에서 제안하고자 하는 다중 센서를 사용하는 화재 감지 시스템의 개념적인 모델을 표현하고 있다. 해당 시스템은 임베디드 보드를 사용하며 가스 센서, 온도 센서, 광센서, GPS 센서, 3G/4G 통신 모듈 등이 장착되어 있다. 연구에서 사용한 가스 센서는 LPG 가스 누출 및 연기를 감지하는 데 사용된다. LPG 가스 누출은 화재의 잠재적 원인이며 LPG 가스 감지는 화재 감지의 정확도를 높이기 위해 추가하였다. 센서를 사용하여 화재가 감지되면 통신 모듈을 사용하여 SMS를 경보를 건물 관리자와 주변 소방서에 발송한다. 소방서에 SMS를 보낼 때는 화재가 발생한 장소의 정확한 위치를 파악하기 위해 경고 메시지와 함께 GPS 좌표를 같이 전송한다.

III. System Design

1. Fire Characteristics Analysis

연구를 진행하기 위해서 중요한 것 중의 하나는 화재의 행동 특성을 식별하고 연소 과정을 더 잘 분석하는 것이

다. 화학적 조성과 관련하여 화재의 특성이 촉진제의 유형에 따라 변한다는 명백한 사실에도 불구하고, 모든 유형의 화재에는 공통 특성이 존재한다. 화재의 특성을 이해하는 것은 시스템에서 사용되는 센서의 종류를 정확히 결정하기 위한 것이다. 이를 통해 센서의 임계값을 결정하고 정확한 감지를 수행할 수 있다.

기존 연구에 따르면 실외 온도는 지역에 따라 편차가 크지만, 실내 온도는 5°C 이내로 편차가 크지 않았다[10]. Fig. 4는 2019년 9월 18일의 하루 온도를 실외, 실내로 나누어 측정된 결과이다. 실외의 경우에는 최대 8.7°C의 온도 차를 보였으며, 실내의 경우 최대 2.8°C의 온도 차를 보였다.

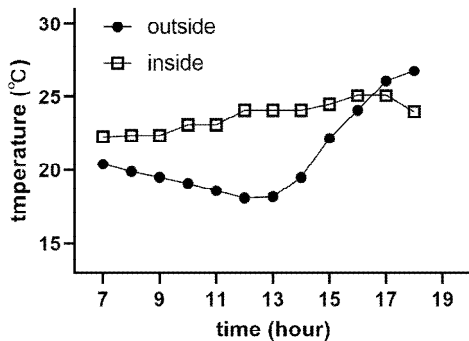


Fig. 4. Temperature changes for the day

Table 1의 결과에 따르면 해당 실험 일의 실외의 경우 최대 온도가 26.8 °C이었으며, 해당 주의 평균 온도의 최댓값은 27°C였다. 이 결과에 기반하여 실험의 임계값으로 27°C로 설정하여 센서의 정확도를 높이면서 거짓 경보를 줄이고자 하였다.

Table 1. Result of temperature measurement

| Temperature | Outside | Inside |
|-------------|---------|--------|
| Min | 18.1 | 22.3 |
| Max | 26.8 | 25.1 |
| Average | 21.0 | 23.7 |

2. Proposed System Design

논문에서 제안하는 다중 센서 화재 감지 모델은 2장에서 제안한 개념 모델을 기반으로 하고 있다. 다중 센서로는 온도 센서 (LM35), MQ2 가스 및 연기 센서, 조명 센서, 부저, 4G 통신 모듈 (4G + GPS 칩)을 사용하였으며 센서들을 제어하기 위해서 아두이노 우노 마이크로 컨트롤러 보드를 사용하여 화재 감지기 시스템을 구성하였다[11-14].

아두이노 우노 마이크로 컨트롤러 보드는 여러 개의 센서를 제어하며 센서로부터 취득한 아날로그 값을 디지털 값으로 변환한다. IoT의 장치에서 생성되는 데이터를 기록하기 위해서 IBM의 블루믹스 (Bluemix)를 이용하였다. IBM 블루믹스는 IBM에서 서비스하는 PaaS (Platform As A Service) 클라우드 서비스이다. 아마존의 서비스는 VM (Virtual Machine)을 제공하는 IaaS (Infra As A Service) 구조이며 블루믹스는 런타임 (Node.js, Java)을 사전에 설치하여 사용자가 소스를 제공하여 동작시키는 PaaS 구조이다[15]. IaaS는 사용자가 VM에서 미들웨어를 설치해서 사용해야 하지만 PaaS인 블루믹스는 미들웨어 위에서 소스 코드만 동작시키는 구조라서 관리가 편리하다는 장점이 있다.

아두이노 기반의 화재 감지 장치는 가볍고 안전한 MQTT 프로토콜을 사용하여 블루믹스 클라우드 플랫폼에 접속하여 데이터를 전송한다[16]. 일반적으로 IoT 장치는 주기적으로 많은 데이터를 생성한다. 실제로 IoT 기반의 센서 기술은 이미 전 세계 데이터의 약 30%를 차지하고 있다. 블루믹스를 이용하여 연구에서 제안하는 화재 감지 장치에서 생성하는 데이터를 저장하고 있으며 내부적으로는 NoSQL 데이터베이스를 사용하고 있다. Fig. 5는 제안하는 시스템의 내부 구조를 표현하고 있다.

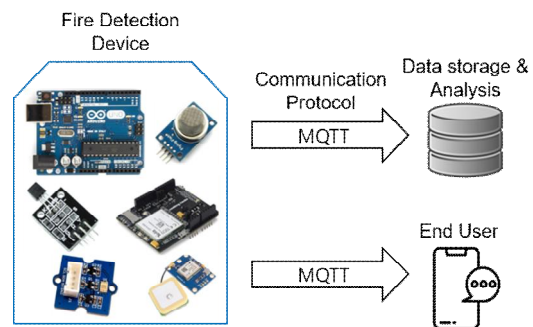


Fig. 5. Proposed system architecture

Fig. 6에서는 시스템의 동작을 개체 간의 상호 작용을 순차적으로 표현하는 시퀀스 다이어그램으로 표현하였다. 화재 감지 장치의 센서에서 주변의 환경 정보를 취득한 후 해당 정보를 임베디드 보드로 전송한다. 임베디드 보드에서는 센서 데이터를 디지털로 변환 후 통신 모듈을 이용하여 IoT 클라우드 플랫폼으로 전송한다. IoT 클라우드 플랫폼에서는 데이터를 수신한 데이터를 연속으로 저장하며 분석을 수행한다. 분석한 결과에 따라 화재가 발생했다고 판단되면 최종 사용자에게 문자 메시지를 전송한다.

Fig. 7에서는 제작한 프로토타입 시스템 내부의 데이터

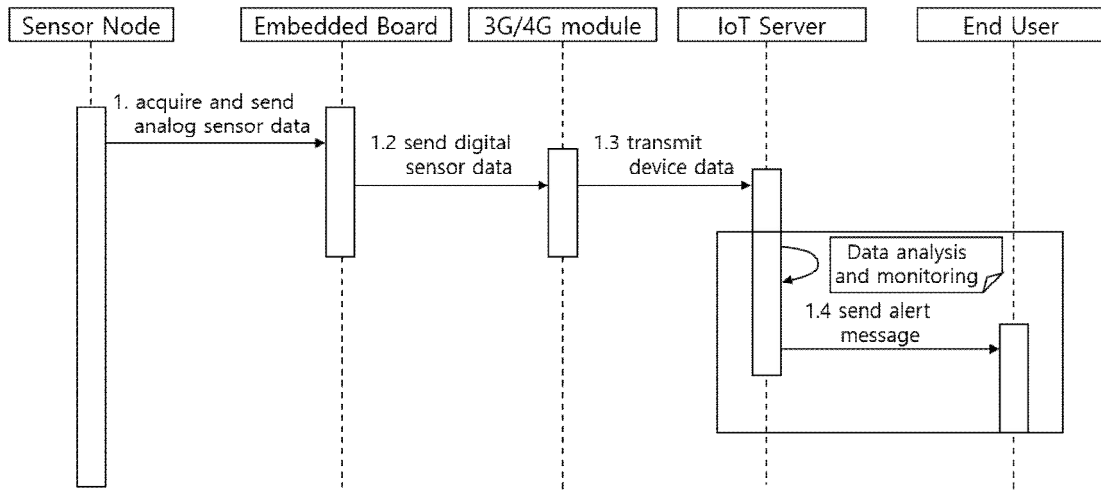


Fig. 6. Sequence diagram of system

흐름을 표시한다. 화재 감지 시스템이 동작하면 시스템에 연결된 센서들의 데이터를 주기적으로 취합한다. 내부 임베디드 보드에서는 취합한 데이터를 일차 처리를 수행하고 그 이후 데이터를 통합한다. 통합된 데이터를 기반으로 화재 여부를 판정한다. 화재를 판정할 때는 Table 2의 표시한 것과 같이 각 센서의 설정값을 기준으로 규칙 기반 평가를 수행한다. 평가에서 화재가 발생했다고 판정 시 관리자에게 문자를 발송한다.

Table 2에서는 센서 별로 임계값을 표시하고 있다. 센서의 임계값은 각 센서의 설명서를 기반으로 센서별 단위 실험을 통해 결정되었다. 온도의 경우에는 3.1절의 실내/실외 온도 실험을 통해 구해진 값을 기준으로 하였으나, 추가 실험을 수행할 때 날씨 변동으로 인해 8°C 더해진 35°C를 사용하였다. 이 내용을 기반으로 Table 3에서는 화재 상태를 판정하기 위한 조건을 7가지로 구분하여 명시하였다.

Table 2. Threshold for sensors

| Sensor | Threshold |
|-------------|--|
| Temperature | Normal : 0~30°C Abnormal : 35°C and above |
| Smoke | High : 301~1,000ppm Low : 0~300ppm |
| Gas (LPG) | High : 601ppm and above Medium : 400~600ppm Low : 0~300ppm |
| Light | Normal : 0~499cd Bright : 500~900cd |

Table 3. Rule for Fire Decision

| Case | Condition | Result |
|------|--|--------|
| 1 | Temperature : abnormal Smoke : detected | Fire |
| 2 | Temperature : abnormal Gas (LPG) : High | Fire |
| 3 | Temperature : abnormal Smoke : detected Light : Bright | Fire |
| 4 | Temperature : abnormal Smoke : detected Gas (LPG) : High Light : Bright | Fire |
| 5 | Temperature : abnormal Smoke : detected Gas (LPG) : High | Fire |
| 6 | Temperature : abnormal Smoke : detected Gas (LPG) : Medium | Fire |
| 7 | Temperature : abnormal Gas (LPG) : High Light : Bright | Fire |

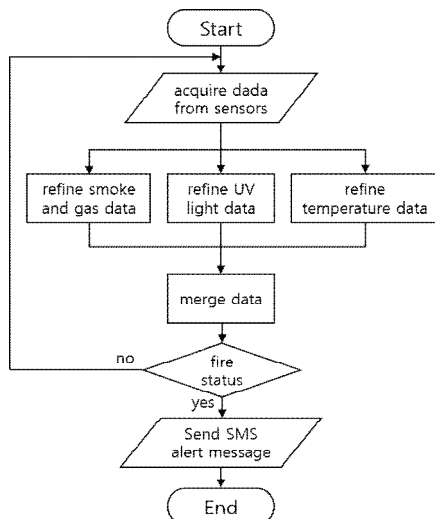


Fig. 7. System flowchart

IV. Implementation of Fire Detector

1. Software Development Environment

화재 감지기의 프로토타입을 개발하기 위해서 Arduino IDE를 사용하였다. Arduino IDE는 공식 Arduino 웹 사이트에서 다운로드가 가능하다. Arduino IDE에서는 제한된 형태의 C/C++ 언어를 지원한다. 또한, Arduino IDE는 Windows 및 MacOS를 모두 지원한다.

Arduino IDE 설치 후 다음 단계는 MQTT 라이브러리를 설치하는 것이다. MQTT 프로토콜은 화재 감지기에서 측정된 데이터를 클라우드로 전송할 때, SMS를 발송할 때 사용된다.

2. Hardware Implementation

Table 2의 단위 실험을 수행한 센서들과 통신 모듈을 결합하여 하나의 시스템으로 완성하였다. 센서별 단위 실험은 임계값을 설정하는 것과 각 센서의 정상 동작 확인을 위한 것이다. IoT 장치들은 전원을 공급하는 방법이 여러 가지가 있지만, 배터리 (충전 및 비충전)를 사용하여 전원 소켓에 직접 연결하는 가장 일반적인 방법이다. 그러나 본 연구에서 진행하는 화재 감지기는 프로토타입으로 다양한 로그를 기록하고 검증하기 위해서 컴퓨터에 USB로 연결하여 진행하였다. Fig. 8은 제작한 화재 감지 시스템의 프로토타입을 표시하고 있다.

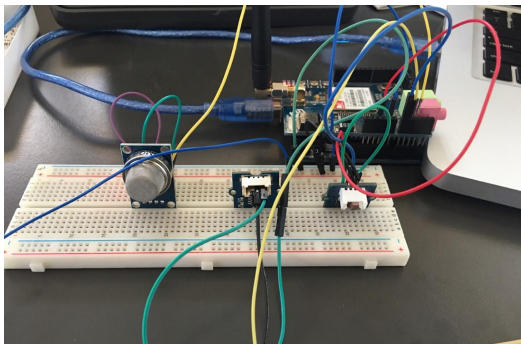


Fig. 8. Completed prototype for fire detection

V. Implementation of Fire Detector

본 연구에서 제작한 화재 감지 시스템의 프로토타입을 검증하기 위해서 실제 실험을 하였다. 실험에서 연기를 재현하기 위해서 얇은 종이를 사용하였다. 이 종이에 라이터를 이용하여 불을 붙이고 불꽃과 열이 방출되도록 하였다.

LPG 가스는 가스라이터의 가스를 활용하였으며 LPG와 불꽃을 결합하는 실험은 화재 발생 문제로 실시하지 않았다. 이외 모든 실험은 제한된 환경에서 소방 전문가가 참석 후 수행하였다.

Table 4. Multi Sensor Test Results

| Smoke (PPM) | LPG (PPM) | Temp. (°C) | Light (cd) | Case | Test | Result |
|-------------|-----------|------------|------------|------|---------|--------|
| 100 | 225 | 27.3 | 398 | - | No Fire | T |
| 326 | - | 41.0 | 446 | 1 | Fire | T |
| 180 | - | 49.2 | 507 | 3 | Fire | T |
| 406 | - | 48.7 | 397 | 1 | Fire | T |
| 142 | 412 | 23.0 | 698 | 6 | Fire | F |
| 421 | - | 49.5 | | 2 | Fire | T |
| 195 | 625 | 35.6 | 532 | 4 | Fire | T |
| | 615 | 41.3 | 625 | 7 | Fire | T |
| 440 | - | 41.0 | 446 | 1 | Fire | T |
| 367 | 638 | 51.2 | | 5 | Fire | T |

Table 4와 같이 총 10번의 실험 결과 실제 결과와 테스트 결과가 1번 틀린 경우가 발생하여 총 90%의 확률로 화재를 판별하였다. 실험에서 발생한 화재 판별 오류를 분석하였다. 첫 번째 실패의 경우는 화재 규칙 6번에 조건 (연기/LPG/빛/온도)에 맞지 않아 화재로 분류가 안 되어야 한다. 그러나 해당 실험의 로그를 분석한 결과 온도 센서값이 순간적으로 30°C로 올라 4번 조건에 만족하여 화재로 분류되었다. 9번째 실험에서는 최초 오류가 발생하였다. 그러나 이 오류는 처음 화재 실험 상자를 만들 때 내부를 관찰하기 위해 투명 유리로 만들어서 실험하였기 때문이다. 실험으로 인한 화재 방지를 위해 태양광이 비추는 넓은 운동장에 실험 상자를 배치하여 내부 온도가 비정상적으로 상승했기 때문이다. 이때 직사광선 아래 두고 실험하여 실내 온도가 40°C 이상으로 올라가면서 1번 조건을 만족하게 되어 화재로 분류되었다. 이 문제를 해결하기 위해서 화재 실험 상자를 불투명 재질로 다시 제작하여 화재가 발생하지 않을 공간에서 실험을 실행하였다. 이처럼 1번의 거짓 경보를 제외하고는 정상적으로 화재를 분류할 수 있었다.

연구에서 제안하는 다중 센서 시스템이 기존 단일 센서를 사용할 때보다 이득이 있는지 살펴보기 위해 단일 센서를 사용하는 실험을 수행하였다. 실험 환경은 표 4의 실험의 데이터를 똑같이 이용하여 구성하였다. 실험에서는 단일 센서가 화재를 판정할 수 있는지 조사하였고 이를 표 5로 정리 하였다. 연기감지 센서만 사용했을 때는 5번 화재

를 감지하여 50%의 감지 성능을 보였다. LPG 가스 센서 30%, 온도 센서 50%, 화염 센서는 40%의 감지 성능을 보였다. 실험에서 온도 센서의 경우 40°C의 임계값을 사용하였다. 그러나 일반 가정에 사용하는 온도 센서의 경우 80°C 일 때 화재를 감지하게 설정되어 있다. 80°C를 임계값으로 사용한다고 가정하면 화재 감지 실험에서는 하나도 감지를 못하게 된다. 이처럼 단일 센서로만 화재를 감지하게 되면 평균 45%의 화재를 감지할 수 있고, 초기 화재를 놓치는 경우가 발생할 수 있다.

Table 5. Single Sensor Test Results

| Condition value | | | | Sensors | | | |
|-----------------|-----------|------------|------------|---------|-----|------|-------|
| Smoke (PPM) | LPG (PPM) | Temp. (°C) | Light (cd) | Smoke | LPG | Temp | Light |
| 100 | 225 | 27.3 | 398 | - | - | - | - |
| 326 | - | 41.0 | 446 | T | - | - | - |
| 180 | - | 49.2 | 507 | - | - | T | T |
| 406 | - | 45.0 | 397 | T | - | T | - |
| 142 | 412 | 23.0 | 698 | - | - | - | T |
| 421 | - | 49.5 | | F | - | T | - |
| 195 | 625 | 35.6 | 532 | - | T | - | T |
| | 615 | 41.3 | 625 | - | - | T | T |
| 440 | - | 41.0 | 446 | T | T | T | - |
| 367 | 638 | 51.2 | | T | T | T | - |

VI. Conclusions

본 연구에서 화재 감지의 정확도를 높이기 위해서 다중 센서를 사용하는 화재 감지기를 제안하였다. 기존 화재 감지기는 단일 센서만을 사용하는 경우가 대부분으로 이로 인해 거짓 경보를 보내는 경우가 많이 발생하였다. 연구에서는 다중 센서를 사용하여 화재를 감지하는 모델을 제안하였다. 또한, 센서들의 임계값을 이용하여 화재를 감지하는 규칙 기반 감지기법을 제안하였다. 연구에서 제안하는 화재 감지를 검증하기 위해서 실제 화재 실험을 수행하였다. 실제 다양한 가정에 의한 실험을 통하여 90% 정확도로 화재를 판정할 수 있었다.

현재 실험에서는 센서의 임계값을 기반으로 하는 규칙 기반의 화재를 판정하고 있다. 실험 결과 분석이 특정 상황에서 규칙 기반이 오류가 발생할 수 있음을 파악할 수 있었다. 차후 연구에는 규칙을 보강 수정하여 오류 없이 화재를 판정할 수 있도록 할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Changshin University Research Fund of 2020-068.

REFERENCES

- [1] A. K. Gupta, and R. Johari, "IOT based Electrical Device Surveillance and Control System," Proceedings of 2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), pp. 1-5, 2019.
- [2] M. A. L. Peña and I. M. Fernández, "SAT-IoT: An Architectural Model for a High-Performance Fog/Edge/Cloud IoT Platform," Proceedings of 2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), pp. 633-638, 2019.
- [3] W. A. Jabbar et al., "Design and Fabrication of Smart Home With Internet of Things Enabled Automation System," in IEEE Access, vol. 7, pp. 144059-144074, Sep. 2019. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2942846.
- [4] National Fire Agency, Fire Statistical Yearbook, <http://www.nfa.go.kr>
- [5] M. Ahrens, Home Structure Fire, <http://www.nfa.go.kr> (accessed Mar. 25, 2020)
- [6] L. Rütimann, Reducing False Alarms (A Study of selected European Countries), Technical Report, Siemens Switzerland Ltd., Switzerland, pp. 1-10.
- [7] N. Artim. An Introduction to Fire Detection, Alarm, and Automatic Fire Sprinklers. <https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/3.-emergency-management/3.2-an-introduction-to-fire-detection,-alarm,-and-automatic-fire-sprinklers>
- [8] K. Gu, Z. Xia, J. Qiao and W. Lin, "Deep Dual-Channel Neural Network for Image-Based Smoke Detection," IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 22, No. 2, pp. 311-323, Feb. 2020, DOI: 10.1109/TMM.2019.2929009.
- [9] DFROBOT, Gravity: Analog Flame Sensor For Arduino, <https://www.dfrobot.com/product-195.html>
- [10] T. D. Doiron, 20 Degrees Celsius--A Short History of the Standard Reference Temperature for Industrial Dimensional Measurements, <https://www.nist.gov/publications/20-degrees-celsius-short-history-standard-reference-temperature-industrial-dimensional>
- [11] K. Chen, Y. Cheng, H. Bai, C. Mou and Y. Zhang, "Research on Image Fire Detection Based on Support Vector Machine," Proceedings of 2019 9th International Conference on Fire Science and Fire Protection Engineering (ICFSFPE), pp. 1-7, 2019.
- [12] J. K. Park, Y. H. Roh, K. Nam, and H. Y. Seo, "Fire Detection Method Using IoT and Wireless Sensor Network," Journal of The

- Korea Society of Computer and Information, Vol. 24, No. 8, pp. 131-136, Aug. 2019. DOI: 10.9708/jksci.2019.24.08.131
- [13] J. K. Park, and H. Seo, "ZigBee-Based Smart Fire Detector for Remote Monitoring and Control," International Journal of Advanced Science and Technology, Vol. 29, No. 3, pp. 10431-10441, 2020.
- [14] Arduino. Arduino Uno, <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-r-ev3>
- [15] M. Alrashoud, E. Hazza, F. Alqahtani, M. Al-Hammadi, A. Abhari, and A. Ghoneim, "Cognitive and Hierarchical Fuzzy Inference System for Generating Next Release Planning in SaaS Applications," IEEE Access, Vol. 7, pp. 102966-102974, Jul. 2019. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2929214
- [16] O. Sadio, I. Ngom, and C. Lishou, "Lightweight Security Scheme for MQTT/MQTT-SN Protocol," Proceedings of 2019 Sixth International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS), pp. 119-123, 2019.

Authors



Jung Kyu Park received the M.S. and Ph.D. degrees in computer engineering from Hongik University in 2002 and 2013, respectively. He has been a research professor at the Dankook University since 2014. From 2016 to 2017,

he was a visiting professor at Department of Digital Media Design and Applications, Seoul Women's University. In 2018, he joined the assistant professor of Department of Computer Software Engineering, Changshin University. His research interests include operating system, new memory, embedded system and robotics theory and its application.



KiHun Nam received his M.S. degrees in Safety Engineering and Ph.D. degrees in Disaster & Emergency management from Inje University, Korea in 2008 and 2014, respectively. He is a Professor in the

Department of Fire & Disaster Prevention Engineering at Changshin University, in which he has taught 2016. His interesting subject and area of research and education is crisis and emergency management and fire safety.